



**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**Peperiksaan Semester Pertama**

**Sidang Akademik 1997/98**

**September 1997**

**EBB 211/3 - METALURGI FIZIKAL**

**Masa: [3 jam]**

---

**Arahan kepada Calon:-**

Sila pastikan kertas peperiksaan ini mengandungi **DUA BELAS (12)** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

Kertas soalan ini mengandungi **TUJUH (7)** soalan.

Jawab mana-mana **LIMA (5)** soalan sahaja.

Mulakan Jawapan anda bagi setiap soalan pada muka surat yang baru

Semua soalan mesti di jawab dalam Bahasa Malaysia, atau maksimum **DUA (2)** soalan boleh dijawab dalam Bahasa Inggeris.

...2/-

1. [a] Terangkan dengan bantuan gambarajah penguatan dari sempadan-sempadan butir.

*Explain with aids of diagram the strengthening from the grain boundaries.*

(50 markah)

- [b] Tegasan alah rendah  $\sigma_y$ , besi tersepuh lindap saiz butir (6 butir  $\text{mm}^{-2}$ ) adalah 100 MPa dan 250 MPa untuk suatu spesimen mempunyai saiz butir kecil (4096 butir  $\text{mm}^{-2}$ ). Tentukan tegasan alah rendah besi bersaiz butir 250 butir  $\text{mm}^{-2}$ .

*The lower yield stress,  $\sigma_y$ , of annealed Iron grain size (6 grains  $\text{mm}^{-2}$ ) is 100 Mpa, and 250 Mpa for a specimen with small grain size (4096 gains  $\text{mm}^{-2}$ ). Determine the lower yield stress of Iron with grain size 250 grains  $\text{mm}^{-2}$ .*

(50 markah)

2. [a] Terangkan dengan bantuan gambarajah pengerasan pemendakan-pengerastuaan untuk aloi Al-Cu.

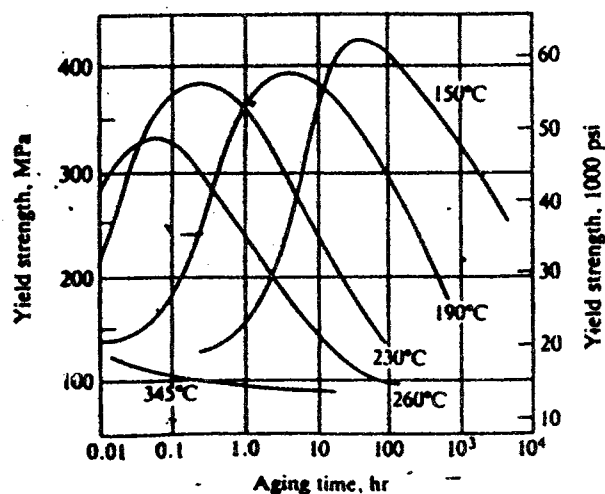
*Explain with aids of diagrams the precipitation hardening-age hardening for Al-Cu alloy.*

(50 markah)

...3/-

- [b] Gunakan maklumat dalam Rajah 1 untuk menganggarkan suhu diperlukan untuk mencapai kekerasan maksimum untuk aloi aluminium dalam masa 10000 jam (14 bulan).

*Use information in Figure 1 to estimate the temperature required to reach the maximum hardness for that aluminium alloy in 10000 hr (14 months).*



Rajah 1 : Penuaan dan Penuaan Lebih Aluminium 2014

Fig. 1 Aging and over aging of 2014 Aluminum

(50 markah)

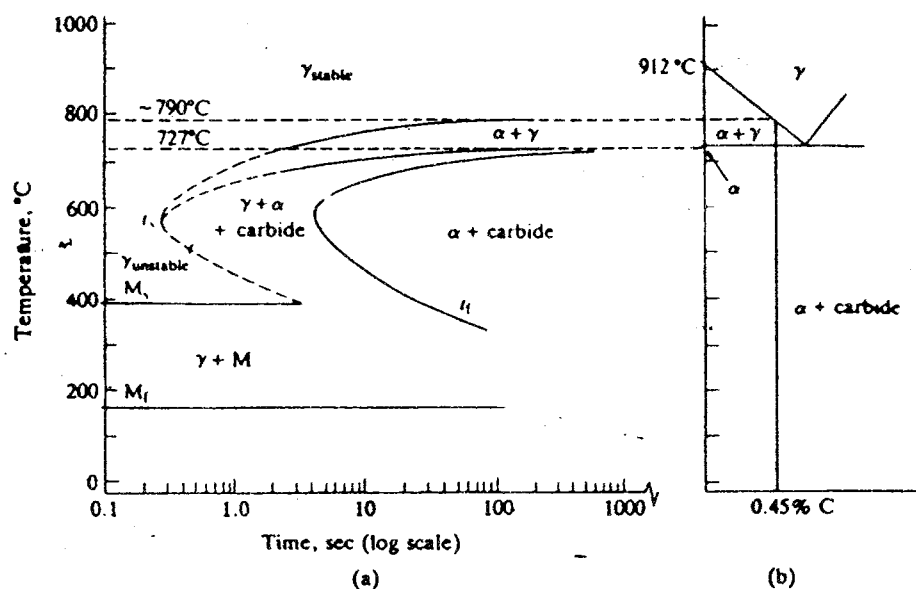
3. [a] Terangkan pembinaan gambarajah suhu-masa-transformasi untuk keluli.

*Explain the construction of temperature - time - transformation diagram for steel.*

(40 markah)

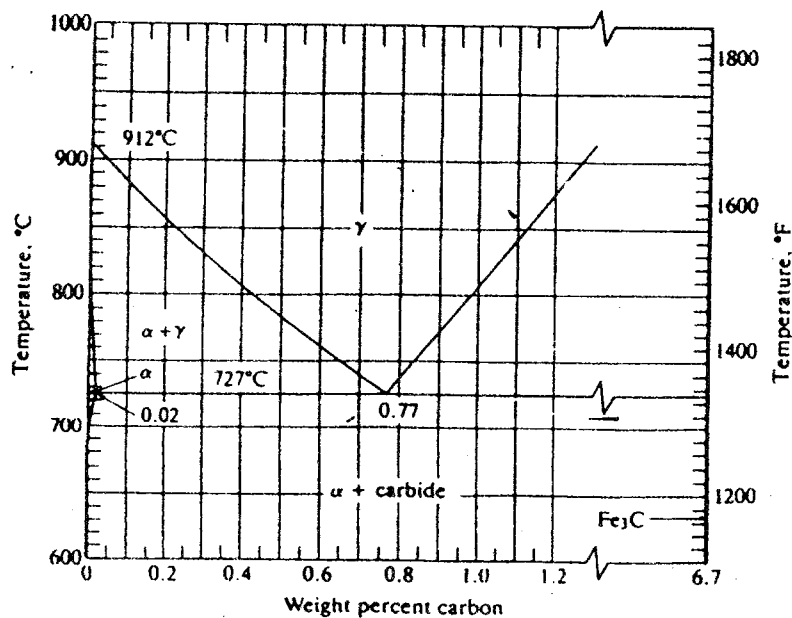
- [b] Tiga dawai keluli ASI-SAE 1045 melalui langkah terma seperti di dalam turutan yang ditunjukkan. Berikan fasa-fasa selepas setiap langkah dan analisis-analisis kimia hampir bagi setiap fasa. Gunakan Rajah 2 dan Rajah 3.

Three ASI-SAE 1045 steel wires under went the following thermal steps in the indicated sequences. Give the phases after each step and their approximate chemical analyses. Use Figure 2 and 3.



Rajah 2 : Gambarajah Transformasi-Sesuhu Untuk Keluli SAE 1045

Figure 2 : Isothermal-transformation diagram for SAE 1045 steel



Rajah 3 : Kawasan eutektoid Gambarajah Fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C  
Figure 3 : The eutectoid region of the Fe-Fe<sub>3</sub>C phase diagram

Dawai	Masa Ditahan
(a) 1) dipanaskan ke 820°C	ditahan pada suhu ini sehingga keseimbangan
2) lindapkejut ke 560°C	tiada
3) ditahan pada 560°C	1 min
4) dipanas semula ke 820°C	ditahan pada suhu ini sehingga keseimbangan
Wire	Time held
1) heated to 820°C	held at this temperature until equilibrium
2) quarehed to 560°C	0
3) held at 560°C	1 min
4) reheated to 820°C	held at this temperature until equilibrium

Dawai

- (b) 1) dan 2) sama seperti (a)  
 1) dan 2) ditahan pada suhu ini sehingga keseimbangan  
 3) ditahan pada 560°C 1 saat  
 4) lindapkejut ke 430°C tiada

Wire

- 1) and 2) same as wire (a)  
 1) and 2) held at this temperature until equilibrium  
 3) Held at 560°C 1 sec.  
 4) quenched to 430°C 0

Dawai

- (c) 1) dipanaskan ke 730°C ditahan pada suhu ini sehingga keseimbangan  
 2) lindapkejut ke 430°C tiada  
 3) lindapkejut ke 330°C 10 saat  
 4) ditahan lebih lama pada 330°C ditahan pada suhu ini sehingga keseimbangan

Wire

- 1) heated to 730°C held at this temperature until equilibrium  
 2) quenched to 430°C 0  
 3) quenched to 330°C 10 sec.  
 4) held longer at 330°C held at this temperature until equilibrium

Sekiranya sampel satu-gram keluli 1045 nipis < 0.5 mm melalui langkah-langkah berikut semasa proses rawatan haba.

*If a thin < 0.5 mm, one-gram sample of 1045 steel undergoes the followings steps during heat treating process.*

	Masa ditahan
1) dipanaskan ke 730°C	ditahan pada suhu ini sehingga keseimbangan
2) lindapkejut ke 550°C	10 S
3) lindapkejut ke 100°C	0 S

	<i>Time held</i>
1) heated to 730°C	<i>held at this temperature until equilibrium</i>
2) quenched to 550°C	10 S
3) quenched to 100°C	0 S

Apakah fasa-fasa yang hadir pada setiap langkah?

Apakah kandungan karbon? Secara hampiran berapa banyakkah setiap fasa?

*What phases are present after each step? What is their carbon content?*

*Approximately how much of each phase?*

(60 markah)

4. [a] Apakah kebolehkerasan. Terangkan lekuk kebolehkerasan dan penggunaannya.

*What is hardenability. Explain the hardenability curves and the use of them.*

(30 markah)

- [b] Menggunakan Rajah 4 dan Rajah 5  
*Using Figure 4 and Figure 5*

- [i] tentukan kadar penyejukan untuk tengah dan pertengahan-jejari sebatang keluli bulat mempunyai diameter 20 mm (0.79 in) apabila dilindapkejut didalam air teraduk.  
(Batang besi ini panjang dan tiada kesan hujung).

*Determine the cooling rate for the center and mid radius of a 20 mm (0.79 in) diameter round steel bar when quenched in agitated water.*

*(The bar is long enough so there is no end effect).*

- [ii] Apakah kekerasan lindap-kejut pada titik 5 mm daripada permukaan batang keluli 4140 berdiameter 40 mm yang dilindapkejut didalam minyak teraduk?

*What is the quenched hardness at a point 5 mm from the surface of a 40 mm diameter bar of 4140 steel that was quenched in agitated oil?*

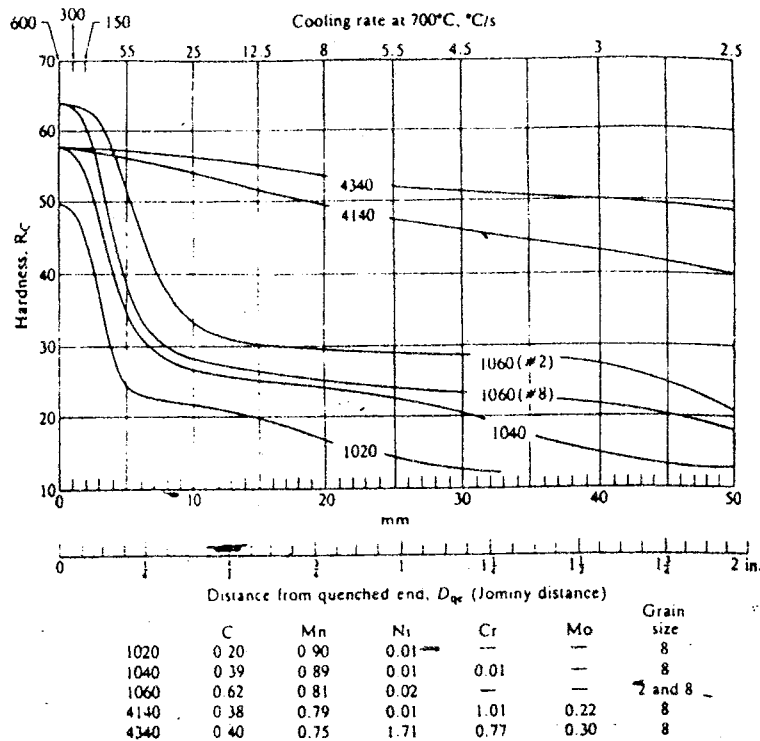
- [iii] Lakarkan kekerasan "traverses" untuk dua keluli bulat dilindapkejut di dalam air, setiap satu mempunyai diameter 38 mm (1.5 in) dengan komposisi ASI-SAE1040 dan 4140.

*Sketch the hardness traverses for two steel rounds quench in water, each is 38 mm (1.5 in) in diameter with ASI-SAE1040 and 4140 composition respectively.*

(70 markah)

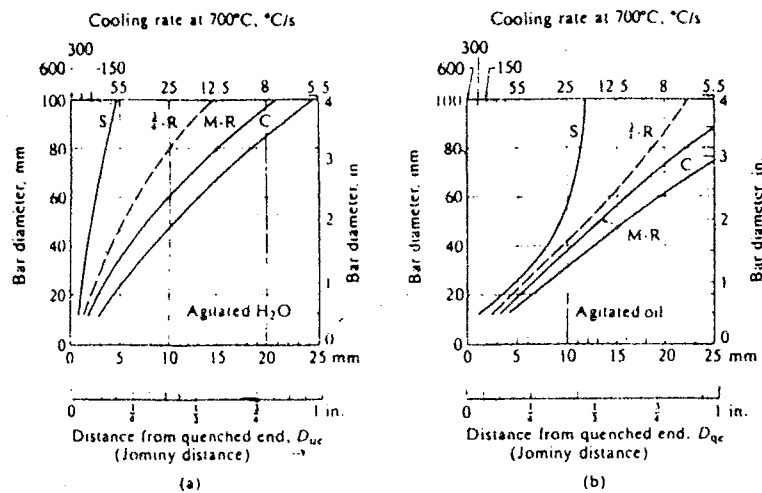
...9/-





Rajah 4 : Keluk-Keluk keboleherasan untuk enam keluli dengan komposisi yang ditunjukkan dan saiz-saiz butir.

Figure 4 : Hardenability curves for six steels with the indicated compositions and grain sizes.



Rajah 5 : Kadar Penyejukan didalam batang-batang keluli dilindapkejut didalam (a) air teraduk (b) minyak teraduk.

Figure 5 : Cooling rates in round steel bars quenched in (a) agitated water and (b) agitated oil.

5. Dalam penukleusan homogen semasa pemejalan, pembentukan pepejal menyebabkan perubahan didalam tenaga bebas.

*In homogenous nucleation during solidification, the formation of solid therefore results in a free energy change.*

$$\Delta G_r = -\frac{4\pi r^3}{3} \Delta G_v + 4\pi r^2 \gamma_{SL} \quad (1)$$

Terangkan kepentingan persamaan (1) dan lakarkan perubahan tenaga bebas berkaitan dengan penukleusan homogen suatu sfera berjejari, r.

*Explain the importance of equation (1) and sketch the free energy change associated with homogenous nucleation of a sphere of radius r.*

(50 markah)

Daripada persamaan (1) tunjukkan bahawa saiz nukleus kritikal,  $r^*$  dan perubahan tenaga bebas  $\Delta G^*$  adalah

*From equation (1), show that the critical nucleus size  $r^*$  and critical free energy change  $\Delta G^*$  are*

$$r^* = \frac{2 \gamma_{SL}}{\Delta G_v} \quad \text{dan}$$

$$\Delta G^* = \frac{16}{3} \frac{\pi \gamma_{SL}^3}{(\Delta G_v)^2}$$

(50 markah)

...11/-

6. [a] Terangkan perbezaan di antara gelincir dan pekembaran semasa perubahan-bentuk plastik.

*Explain the difference between slip and twinning during plastic deformation.*

(50 markah)

- [b] Tegasan ricih terlerai kritikal (CRSS) untuk beberapa logam pada suhu bilik adalah seperti di dalam Jadual S.6.

*The critical resolved shear stress for several metals at room temperature are given in Table Q.6.*

Jadual S.6

Logam <i>Metal</i>	Struktur <i>Structure</i>	Satah Gelincir <i>Slip Plane</i>	Arah Gelincir <i>Slip Direction</i>	CRSS (psi) <i>CRSS (psi)</i>
perak	kbm	{111}	$\langle \bar{1}10 \rangle$	54
tembaga	kbm	{111}	$\langle \bar{1}10 \rangle$	71
aluminium	kbm	{111}	$\langle \bar{1}10 \rangle$	114
magnesium	cph	{0001}	$\langle 11\bar{2}0 \rangle$	64
kobalt	cph	{0001}	$\langle 11\bar{2}0 \rangle$	960
titanium	cph	{1010}	$\langle 11\bar{2}0 \rangle$	1990
besi	kbj	{110}	$\langle \bar{1}11 \rangle$	3980
molibdenum	kbj	{110}	$\langle \bar{1}11 \rangle$	10400

...12/-

Table Q.6

Silver	f.c.c.	{111}	$\langle \bar{1}\bar{1}0 \rangle$	54
Copper	f.c.c.	{111}	$\langle \bar{1}\bar{1}0 \rangle$	71
Aluminium	f.c.c.	{111}	$\langle \bar{1}\bar{1}0 \rangle$	114
Magnesium	c.p.h.	{0001}	$\langle \bar{1}\bar{1}\bar{2}0 \rangle$	64
Cobalt	c.p.h.	{0001}	$\langle \bar{1}\bar{1}\bar{2}0 \rangle$	960
Titanium	c.p.h.	{1010}	$\langle \bar{1}\bar{1}\bar{2}0 \rangle$	1990
Iron	b.c.c.	{110}	$\langle \bar{1}\bar{1}1 \rangle$	3980
Molybdenum	b.c.c.	{110}	$\langle \bar{1}\bar{1}1 \rangle$	10400

Terangkan mengapa logam berstruktur kbm adalah mudah diubah-bentuk.

*Explain why f.c.c. metals are easily deformed.*

(50 markah)

7. Penghalusan butir adalah yang paling disukai dan sesuai di antara pelbagai kaedah penguatan bahan logam. Bincangkan pernyataan ini.  
Bincangkan juga suatu coontoh penghalusan butir di dalam keluli.

*The grain refinement is perhaps the most desirable of the various methods of strengthning metallic materials. Discuss this statements.*

*Discuss also an example of grain refinement in steel.*

(100 markah)

ooOoo